

## KOREAN PATENT ABSTRACT (KR)

### PUBLICATION

(51) IPC Code: H04Q 11/00

(11) Publication No.: P1999-009278

(43) Publication Date: 5 February 1999

(21) Application No.: P1997-031621

(22) Application Date: 8 July 1997

(71) Applicant:

Seung-taek Yang,  
Electronics and Telecommunications Research Institute  
161 Gajeong-dong, Yuseong-gu, Daejeon, 305-350, Korea

Gae-cheul Lee,  
KT Corporation  
100 Sejong-ro, Chongro-gu, Seoul, Korea

(72) Inventor:

PARK, CHANG SOO  
LEE, JAE SEUNG  
LEE, DONG HO  
LEE, SANG SOO

(54) Title of the Invention:

Method of Periodically Setting Irregular-interval Transmission Channels in  
Multi-channel Optical Transmission System

#### Abstract:

1. Technical Field of the Invention

The present invention relates to a method of periodically setting irregular-interval transmission channels in a multi-channel optical transmission system.

2. Technical goal of the Invention

The presents invention relates a method of periodically setting irregular-interval transmission channels that is applicable to a multi-channel optical transmission system including tens of channels, in which groups of N channels, each pair of channels having a different frequency difference between its two channels, are periodically set to minimize channel-to-channel interference.

4. Feature of the Invention

An optimized set of an appropriate number of irregular-interval channels are defined and periodically arranged such that each pair of channels has different channel intervals. As a result, channel-to-channel interference due to four-wave mixing can be effectively

suppressed overcoming the limitation of existing irregular-interval channel setting methods. A compatible multi-channel optical transmission system allowing for channel extension without changing an established channel slot can be implemented with the method according to the present invention.

#### 4. Main Application of the Invention

The method of periodically setting irregular-interval channels can be applied to multi-channel optical transmission systems.

**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

|               |   |              |
|---------------|---|--------------|
| (51) Int. Cl. | (11) 공개번호   | 특1999-009278 |
| H04Q 11/00    | (43) 공개일자   | 1999년02월05일  |
| (21) 출원번호     | 특1997-031621  |              |
| (22) 출원일자     | 1997년07월08일   |              |
| (71) 출원인      | 한국전자통신연구원, 양승택<br>대한민국<br>305-350<br>대전광역시 유성구 가정동 161<br>한국전기통신공사, 이계철<br>대한민국<br>110-050<br>서울특별시 종로구 세종로 100번지   |              |
| (72) 발명자      | 박창수<br>대한민국<br>305-333<br>대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 130-901<br>이재승<br>대한민국<br>120-094<br>서울특별시 서대문구 홍제4동 우악 청구아파트 113-1101<br>이동호<br>대한민국<br>305-333<br>대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 125-1406<br>이상수<br>대한민국<br>305-350<br>대전광역시 유성구 가정동 236-1 |              |
| (74) 대리인      | 박해천<br>원석희  |              |
| (77) 심사청구     | 있음  |              |
| (54) 출원명      | <b>다채널 광전송 시스템에서의 주기적 비등간격 전송채널 설정방법</b>  |              |

**요약**

1. 청구범위에 기재된 발명이 속한 기술분야

본 발명은 다채널 광전송 시스템에서의 주기적 비등간격 전송채널 설정방법에 관한 것임.

2. 발명이 해결하려고 하는 기술적 과제

본 발명은, 두 채널간의 주파수 차이가 항상 다른 값을 갖는 N개의 채널들을 설정하여 하나의 단위 그룹으로 형성하고, 주기적으로 이러한 그룹을 반복 설정하여 채널 간섭을 최소로 줄이며, 수십 채널 이상의 다채널 시스템에서도 적용이 가능한 주기적 비등간격 전송채널 설정방법을 제공하고자 함.

3. 발명의 해결방법의 요지

본 발명은, 임의의 두개의 채널 간격이 항상 다른 값을 갖도록 적절한 수의 비등간격 채널들을 찾아 최적화된 채널 집합을 정의하고, 이들을 주기적으로 배열함으로써 광섬유의 4광파 혼합에 의한 채널 간섭을 효율적으로 억제하여 종래의 비등간격 채널설정 방법이 갖는 한계를 극복하고, 기존 채널 슬롯의 변경없이 채널 확장이 가능한 호환성있는 다채널 광전송 시스템을 구현한다.

4. 발명의 중요한 용도

본 발명은 다채널 광전송 시스템에 이용됨.

## 대표도

### 도3

### 영세서

#### 도면의 간단한 설명

도 1은 20채널 광전송 시스템에서의 각 채널간 주파수 분포에 대한 예시도.

도 2a는 20채널 등간격 광전송 시스템의 아이 오프닝(Eye opening)에 대한 일 예시도.

도 2b는 20채널 비등간격 광전송 시스템의 아이 오프닝(Eye opening)에 대한 일 예시도.

도 3은 본 발명에 따른 전송채널 설정 절차에 대한 흐름도.

#### 발명의 상세한 설명

##### 발명의 목적

##### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 대용량 장거리 전송용 파장 분할 다중(WDM: Wavelength Division Multiplexing) 방식을 이용하는 다채널 광전송 시스템에서 광섬유 비선형 현상으로 인하여 장거리 전송시 발생하는 채널간 간섭을 억제하기 위한 주기적 비등간격 전송채널 설정방법에 관한 것이다.

일반적으로 WDM 방식을 이용하는 다채널 광전송 시스템은 약 4THz(약 30nm)의 대역폭을 갖는 어븀첨가 광섬유 증폭기(EDFA: Erbium Doped Fiber Amplifier)의 1550nm 파장 영역을 일정한 주파수 등간격으로 나누어 채널을 설정하고, 설정된 각 채널에 시분할 다중화(TDM: Time Division Multiplexing)된 신호를 실어 다채널 전송함으로써 수백 기가(Gb/s) 내지 수 테라(Tb/s) 전송시스템의 실현을 목표로 한다.

광섬유의 코어내에 입사된 파장에 따라 광펄스의 폭이 넓어지는 색분산(Chromatic Dispersion)은 초고속 장거리 광전송 시스템의 성능을 제한하는 중요한 요소로서, 1550nm 파장 영역에서 분산값이 0을 갖는 분산 전이 광섬유(DSF: Dispersion Shifted Fiber)를 사용함으로써 효과적으로 제어할 수 있다.

그러나, 작은 색분산을 갖는 DSF의 사용은 WDM 방식을 이용하는 다채널 광전송 시스템에서 전송 채널간의 위상차를 작게함으로써 광섬유의 4광파 혼합(FFWM: Fiber Four Wave Mixing)의 효율을 증가시키고, 이러한 FFWM의 결과로서 생성된 제3의 채널이 기존의 한 채널과 중첩될 때 채널간 간섭이 발생되었다.

종래에는 이러한 간섭을 억제하기 위하여 전송 채널의 간격을 넓게 하거나, 광섬유의 색분산값을 조절함으로써 전송 채널간의 위상차를 크게 하여 FFWM의 효율을 낮추는 방법을 사용하였다. 또한, 전송 채널들을 비등간격으로 배열하여 FFWM에 의해 발생하는 주파수 성분들이 전송 채널 또는 수신단의 필터 영역을 벗어나서 위치하게 하는 방법을 사용하였다.

광섬유의 FFWM은 광섬유내에서 파장이 다른 여러개의 광파가 도포될 때, 임의의 세개의 광파(각각의 주파수는  $f_i, f_j, f_k$ )가 광섬유의 비선형 굴절율에 의한 상호작용에 의해 새로운 주파수 성분( $f_{ijk} = f_i + f_j - f_k$  여기서,  $i, j = 1 \sim 3$ )을 생성하는 비선형 현상이다.

FFWM에 의해 새롭게 생성되는 주파수 성분은 채널(파장 또는 주파수)들이 등간격으로 배열된 경우 전송 채널에 중첩된다. 그러나, 임의의 두개의 채널 간격이 항상 다른 경우에는 FFWM에 의해 새롭게 생성되는 주파수 성분은 전송 채널들 사이에 위치하게 되어 수신단에서 광학 필터를 이용하여 걸러낼 수 있다. 즉, 비등간격 채널 설정의 경우에는 광학 필터를 이용하여 걸러낼 수 있다.

따라서, 비등간격 채널 설정 방식은 가장 이상적인 FFWM 억제 방법이지만, 이러한 비등간격 채널들을 찾는 것이 그리 쉽지 않고, 임의의 두개의 채널 간격이 임의의 다른 두개의 채널 간격과 항상 다르게 채널들을 설정하기 위해서는 수치계산을 해야 하는데, 현재로는 10개 이상의 채널을 찾기가 매우 어렵고, 많은 시간이 소요된다. 예를들면, 8채널 시스템에서 설정되었던 채널들이 10채널 시스템으로 확장 설정되는 경우에 채널들이 모두 다르게 되는 경우가 발생하여 호환성있는 채널 확장이 어렵다.

특히, 비등간격 채널 설정 방법은 N채널 시스템에서의 임의의 두 채널간의 주파수의 차이( $f_{ij} = f_i - f_j$  여기서,  $i, j = 1, 2, 3, \dots, N$ )를 항상 서로 다른값을 갖도록 채널을 설정함으로써 광섬유의 FFWM에 의해 발생하는 주파수 성분들이 전송 채널에 중첩되는 것을 방지할 수 있었다.

그러나, 이러한 종래의 비등간격 채널 설정 방법은 등간격의 경우에 비해 전송 대역폭이 크게 늘어나며, 전송 채널들이 인접 채널간에 명확한 항수적 관계를 갖지 못하고, 넓은 대역에 걸쳐 나타나므로 주파수의 발생 및 제어가 어려웠다. 또한 10개 이상의 최적화된 비등간격 채널 슬롯(slot)을 발견하기가 어려우며, 채널수가 증가하면 최적화된 비등간격 채널 슬롯이 바뀌게 되어 채널의 확장시에 기존의 시스템과 호환성을 갖지 못하는 문제점이 있었다.

##### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 본 발명은, 전송 대역내에 있는 여러 채널중 임의의 두 채널간의 주파수의 차이가 항상 다른값을 갖도록 N개의 채널들을 설정하고, 이러한 채널값들을 하나의 그룹으로 형성한 후, 그룹들 사이에서 발생할 수 있는 채널 간섭을 다시 최소화시킬 수 있도록 주기적으로 이러한 그룹을 반복 설정하여 수십 채널 이상의 다채널 시스템에서도 적용이 가능한 주기적 비등간격 전송채널 설정방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

### 발명의 구성 및 작용

상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 다채널 광전송 시스템에서의 주기적 비등간격 전송채널 설정방법에 있어서, 광섬유 대역 특성을 고려하여 임의로 첫 번째 채널값을 구하는 제1단계; 채널간 간격을 소정의 주파수 그리드의 정수배로 설정하고, 채널의 간격들이 서로 다른값을 갖도록 비등간격 채널을 설정하여 단위 집합을 구하는 제2단계; 채널수가 소정의 값보다 작은지를 판단하는 제3단계; 상기 제3단계 판단결과, 채널수가 소정의 값보다 작으면 첫 번째 채널값에 채널 간격을 더하여 채널값을 구하는 제4단계; 및 상기 제3단계 판단결과, 채널수가 소정의 값보다 크면 채널들의 단위집합을 주기적으로 반복하여 수십개의 채널값을 구하는 제5단계를 포함한다.

이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 실시예를 상세히 설명한다.

주파수 간격의 기본이 되는 주파수 그리드(grid)는  $\Delta f_0$  로 정의되고, 모든 채널 간격은 이 주파수 그리드의 정수배( $n_i \cdot \Delta f_0$ )가 되도록 가정한다. 따라서, i번째 채널의 중심 주파수는  $T1$  로 주어진다.

예를들면, 설정하고자 하는 채널수가 N 개인 경우에 고려 대상이 될 수 있는 주파수 간격은 (N-1)개로 정의될 수 있으며, 이 경우 임의의 두개의 채널  $f_i$  와  $f_j$ 간의 채널간격  $T2$  여기서,  $i, T4 j=1, 2, 3, \dots, N$ )은 항상 다른 값을 가져야 한다.

수치계산에 의해 임의의 두개의 채널 간격이 항상 다른 9개의 채널값들을 포함한 최적화된 채널간격 집합을 나타내면 다음과 같다.

$$n_i \in \{5, 10, 6, 8, 9, 11, 7, 25\}$$

인접 채널간의 간격은  $n_i \cdot \Delta f_0$  로 주어지므로  $n_i$  값에 주파수 그리드( $\Delta f_0$ )를 곱하면 된다. 따라서, 이러한 채널 집합을 주기적으로 반복하여 설정함으로써 주기적 비등간격으로 채널을 설정할 수 있다. 즉, 20개 채널의 인접 채널간 간격집합을 나타내면 다음과 같다.

$$\{5, 10, 6, 8, 9, 11, 7, 25, 5, 10, 6, 8, 9, 11, 7, 25, 5, 10, 6\}$$

이러한 20채널 광전송 시스템에서의 각 채널간 주파수 분포도는 도 1에 도시된 바와 같다.

도 1은 20채널 광전송 시스템에서의 각 채널간 주파수 분포에 대한 일 예시도로서, 20채널 광전송 시스템에서 주기적 비등간격으로 채널을 설정할 경우에 각 채널의 중심주파수의 분포를 나타낸 것이다. 여기서, 주파수 그리드( $\Delta f_0$ )는 20GHz이다. 따라서, 최소 채널간격은 100GHz(5x 20GHz)이고, 최대 채널간격은 500GHz(25x20GHz)이다.

도 2a 및 도 2b는 주기적 비등간격으로 분포된 20개의 채널을 광섬유를 통해 전송하는 경우에 광섬유의 4광파 혼합에 의한 채널 간섭이 출력파형(eye pattern)에 주는 영향을 도시한 결과값을 나타낸다.

본산이동 광섬유를 통한 채널당 전송속도는 10Gb/s이며, 전송 거리는 100km이다. 각 채널들은  $2^9-1$  PRBS(Pseudo Random Bit Sequence)로 외부 변조되고, 광섬유의 손실, 유효 단면적, 색분산 기술기, 비선형 굴절율은 각각 0.25dB/km, 60 $\mu m^2$ , 0.07ps/nm<sup>2</sup>km 및 2.6x10<sup>-16</sup> cm<sup>2</sup>/W를 나타낸다. 또한, 광섬유의 펄스 퍼짐을 야기시키는 분산값이 영(0)이 되는 영분산 파장은 10번째 채널과 11번째 채널 사이에 위치한다.

20채널 광전송 시스템의 채널당 광세기를 변화시켜 가면서 출력 파형(eye pattern)을 측정한 결과, 등간격 광전송 시스템의 출력 파형은 도 2a에 도시된 바와 같고, 비등간격 광전송 시스템의 출력 파형은 도 2b에 도시된 바와 같다.

도 2a는 20채널 등간격 광전송 시스템의 아이 오픈닝(eye opening)을 나타낸 것으로서, 도면에서 ◇는 광섬유로 전송하지 않은 경우의 값이며, 다른 선들은 100km 전송한 후에 측정한 값들로서 각 채널당 광세기가 각각 -9dBm(□), -6dBm(○), -3dBm(△), 0dBm(▽)를 나타낸다.

도 2b는 20채널 주기적 비등간격 광전송 시스템의 아이 오픈닝(eye opening)을 나타낸 것으로서, 도면에서 ◇는 광섬유로 전송하지 않은 경우의 값이며, 다른 선들은 100km 전송한 후에 측정한 값들로서 각 채널당 광세기가 각각 0dBm(□), 3dBm(○), 6dBm(△), 9dBm(▽)를 나타낸다.

0.6 이상의 아이 오픈닝(eye opening)을 가정하면 비등간격 광전송 시스템은 등간격 광전송 시스템에 비해 약 9dB 정도의 전송 이득이 있다. 또한, 종래의 비등간격 광전송 시스템의 전송 대역폭은 등간격 광전송 시스템에 비해 전송 대역폭이 약 2.8배 정도 늘어나는데, 주기적 비등간격 광전송 시스템은 등간격 광전송 시스템에 비해 전송 대역폭이 약 1.9배정도 늘어나므로 따라 전송 대역폭을 효율적으로 사용할 수 있다.

도 3은 본 발명에 따른 주기적 비등간격 전송채널 설정방법에 대한 흐름도를 나타낸다.

먼저 4광파 혼합 효과를 고려한 다채널 전송 시스템에서 채널 파장값들을 설정하기 위하여 첫번째 파장(또는 주파수)값을 광섬유 대역 특성을 고려하여 임의로 정한다(301).

이후, 표준화를 고려하여 채널간 간격을 어떤 주파수 그리드의 정수배(여기서는  $n_i$

가 되도록 정하며, 이 단계에서 주파수 그리드  $\Delta f_g$ 의 값을 설정한다(302). 여기서 주파수 그리드의 값은 20GHz이다. 따라서, 채널간 간격은  $n_i \times \Delta f_g$ 로 표시된다(303).

이때, 채널간의 4광파 혼합 효과를 최소화시켜주는 비등간격 채널( $n_i$ )의 값을 수치해석 방법으로 구한다(304). 우선 채널간격이 모두 다른 하나의 집합을 구하고, 이들을 연결하였을 때 4광파 혼합 효과가 최소가 되도록 일차적으로 구한 집합을 수정한다. 이러한 과정을 반복하면 전체 대역폭이 최소화되는 도출된 채널( $n_i$ )값들로 단위집합을 구할 수 있다(305).

도출된  $n_i$ 값들의 집합은 {5, 10, 6, 8, 9, 11, 7, 25}로서, 첫 번째 채널과 두 번째 채널의 주파수 간격은 5x20GHz가 되며, 두 번째 채널과 세 번째 채널간 간격은 10x20GHz, ....., 여덟 번째 채널과 아홉번째 채널간 간격은 25x20GHz이다. 즉, 위와같은 방법으로  $n_i \times \Delta f_g$ 는 8개의 채널간격을 구할 수 있다.

이후, 원하는 채널 개수가 10개 미만인지를 판단한다(306).

채널 개수가 10개 미만이면 첫 번째 채널값을 기준으로 얻어진 채널간격을 더하는 방법으로 9개의 채널값을 구한다(307). 즉, 첫 번째 파장값  $\lambda_1$ 에  $n_i \times \Delta f_g$ 를 더하는 방법으로 9개의 채널값을 구할 수 있다.

9개의 채널값을 나타내면 다음과 같다.

제1채널값은  $\lambda_1$ 이고, 제2채널값은  $\{\lambda_1 + (5 \times 20)\}$ (GHz)이고, 제3채널값은  $\{\lambda_1 + (5 \times 20) + (10 \times 20)\}$ (GHz)이고, 제4채널값은  $\{\lambda_1 + (5 \times 20) + (10 \times 20) + (6 \times 20)\}$ (GHz)이고, 제5채널값은  $\{\lambda_1 + (5 \times 20) + (10 \times 20) + (6 \times 20) + (8 \times 20)\}$ (GHz)이고, 제6채널값은  $\{\lambda_1 + (5 \times 20) + (10 \times 20) + (6 \times 20) + (8 \times 20) + (9 \times 20)\}$ (GHz)이고, 제7채널값은  $\{\lambda_1 + (5 \times 20) + (10 \times 20) + (6 \times 20) + (8 \times 20) + (9 \times 20) + (11 \times 20)\}$ (GHz)이고, 제8채널값은

$\{\lambda_1 + (5 \times 20) + (10 \times 20) + (6 \times 20) + (8 \times 20) + (9 \times 20) + (11 \times 20) + (7 \times 20)\}$ (GHz)이고, 제9채널값은  $\{\lambda_1 + (5 \times 20) + (10 \times 20) + (6 \times 20) + (8 \times 20) + (9 \times 20) + (11 \times 20) + (7 \times 20) + (25 \times 20)\}$ (GHz)이다.

만약, 채널 개수가 10개 이상이면 도출된 채널( $n_i$ )들의 단위집합을 주기적으로 반복하여 설정한다(308). 즉, 새로운 생성된  $n_i$  집합은 다음과 같다.

{5, 10, 6, 8, 9, 11, 7, 25, 5, 10, 8, 9, 11, 7, 25, 5, 10, 6, 8, 9, 11, 7, 25, ...}

위와같은 얻어진  $n_i$  집합을 토대로 상기와 같은 방법을 적용하면 원하는 채널값들을 구할 수 있다. 즉, 첫 번째 파장값  $\lambda_1$ 에  $n_i \times \Delta f_g$ 를 더하는 방법으로 수십개의 채널값을 구할 수 있다(309).

이상에서 설명한 본 발명은, 본 발명의 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 있어 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하므로 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 한정되는 것이 아니다.

#### 발명의 효과

상기와 같은 본 발명은, 우선 임의의 두개의 채널 간격이 항상 다른 값을 갖도록 적절한 수의 비등간격 채널들을 찾아 최적화된 채널 집합을 정의하고, 이들을 주기적으로 배열함으로써 광섬유의 4광파 혼합에 의한 채널 간섭을 효율적으로 억제하여 종래의 비등간격 채널설정 방법이 갖는 한계를 극복하고, 기존 채널 슬롯의 변경없이 채널 확장이 가능한 호환성있는 다채널 광전송 시스템을 구현하기에 용이한 효과가 있다.

#### (57) 청구의 범위

##### 청구항 1.

다채널 광전송 시스템에서의 주기적 비등간격 전송채널 설정방법에 있어서,

광섬유 대역 특성을 고려하여 임의로 첫 번째 채널값을 구하는 제1단계;

채널간 간격을 소정의 주파수 그리드의 정수배로 설정하고, 채널의 간격들이 서로 다른값을 갖도록 비등간격 채널을 설정하여 단위 집합을 구하는 제2단계;

채널수가 소정의 값보다 작은지를 판단하는 제3단계;

상기 제3단계 판단결과, 채널수가 소정의 값보다 작으면 첫 번째 채널값에 채널 간격을 더하여 채널값을 구하는 제4단계; 및

상기 제3단계 판단결과, 채널수가 소정의 값보다 크면 채널들의 단위집합을 주기적으로 반복하여 수십개의 채널값을 구하는 제5단계를 포함하여 이루어진 주기적 비등간격 전송채널 설정방법.

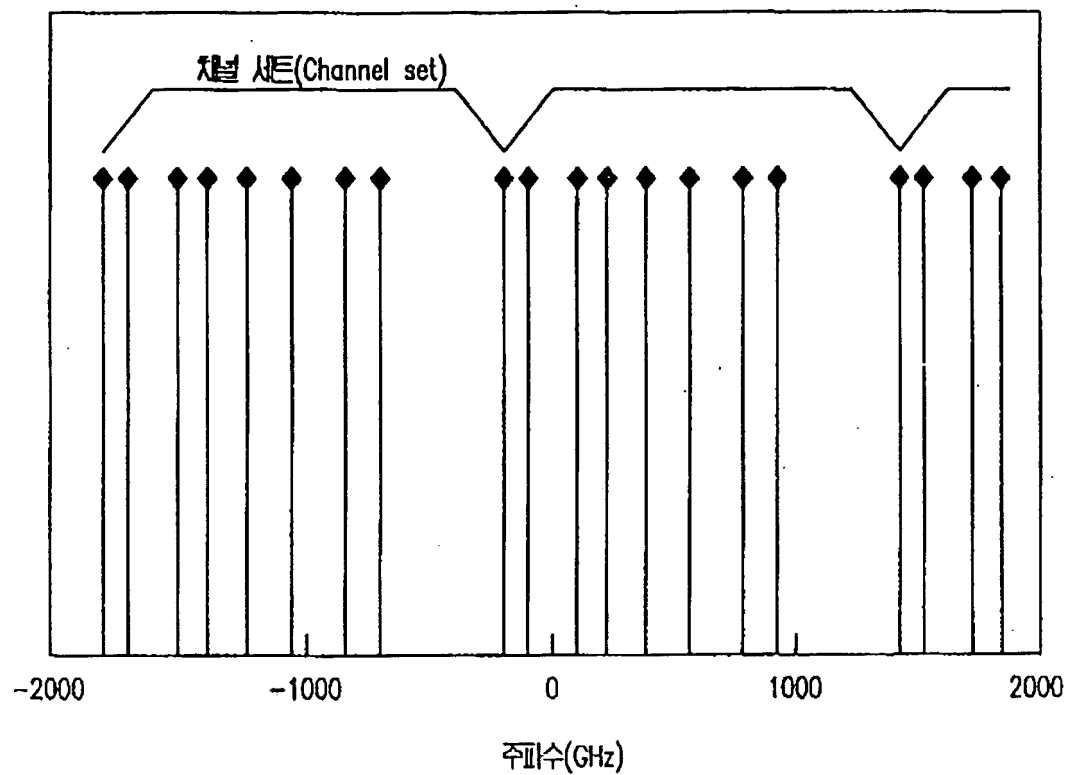
##### 청구항 2.

제1항에 있어서,

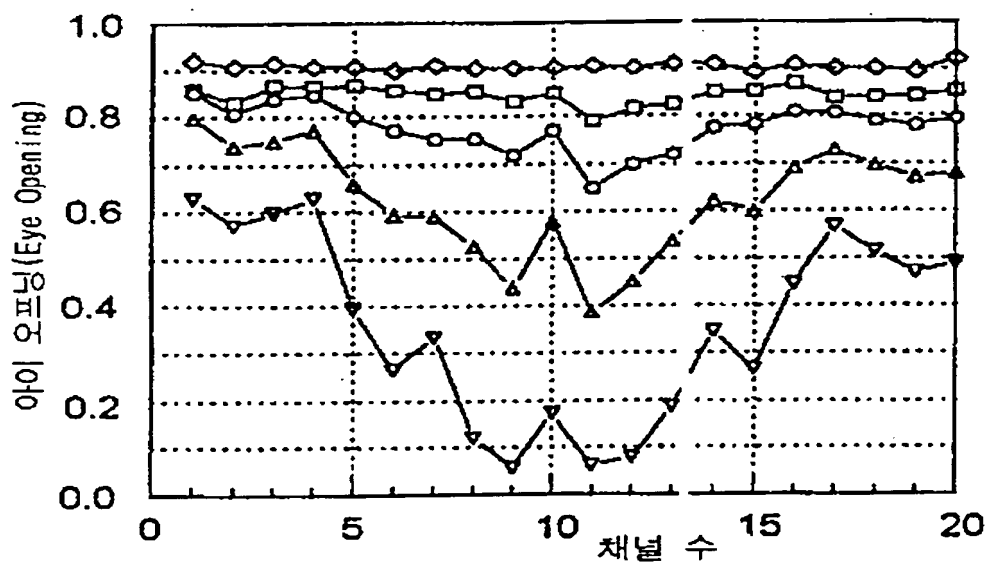
상기 소정의 값은 10인 것을 특징으로 하는 주기적 비등간격 전송채널 설정방법.

도면

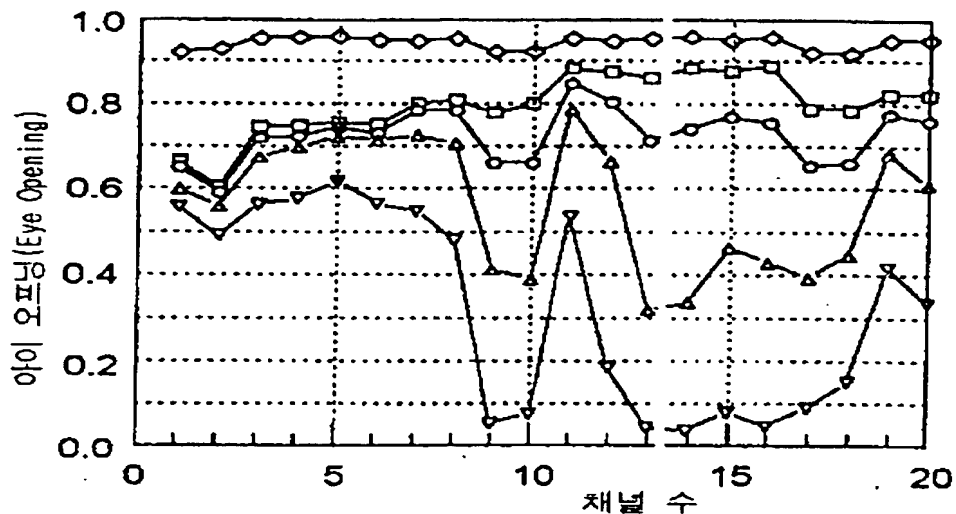
도면 1



도면 2a



도면 2b



도면 3

